

Учет в оптическом дизайне положения ношения очковых линз

(продолжение)

Д.Мейстер, специалист Carl Zeiss Vision

Индивидуализированная оптика по положению ношения

Традиционные очковые линзы изготавливают из полуготовых линз, которые получают на заводах в массовом количестве методом литья. Массовый характер производства и необходимость ограничивать имеющийся на складе ограниченный запас заготовок для прогрессивных линз приводят к тому, что каждый оптический дизайн обычно доступен лишь в ограниченном числе базовых кривых. Поэтому прогрессивный дизайн для одной базовой кривой должен достаточно хорошо “работать” для довольно большого числа комбинаций значений оптической силы и параметров подбора. Аналогичные ограничения действуют и в отношении однофокальных линз. Дизайн большинства традиционных линз разработан так, чтобы быть оптимальным для ограниченного диапазона значений силы сферы – одного для каждой базовой кривой – и для среднего положения ношения. Для полуготовых прогрессивных линз еще

иногда делается “тонкая настройка” оптического дизайна с применением метода трассировки оптических лучей для того, чтобы смоделировать качество изображения, полученного с помощью линзы, для среднего положения ношения и среднего значения силы сферы для диапазона, связанного с данной базовой кривой.

Поэтому в то время как некоторые пользователи наслаждаются высоким качеством оптики традиционных линз, для многих других оптика будет не совершенной, поскольку их параметры рецепта и положение ношения отличается от значений, которые были использованы при расчете дизайна полуготовых линз, из которых были получены их линзы. Этот оптический компромисс особенно проблематичен для прогрессивных линз, поскольку параметры рецепта и положение ношения могут вызывать астигматизм наклонных пучков, который будет оптически взаимодействовать с поверхностным астигматизмом прогрессивного дизайна, таким образом приводя к ухудшению четкости оптических зон, сокра-

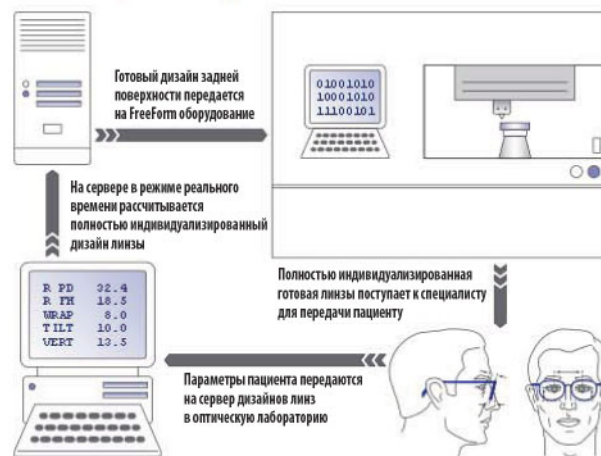


Рис. 19. Оптический дизайн большинства наиболее совершенных FreeForm линз индивидуализируется в режиме реального времени на сервере дизайнов линз на основе данных рецепта и параметров, описывающих положение линз для конкретного пользователя, до того, как конечная поверхность линзы будет передана на FreeForm оборудование для изготовления линзы.

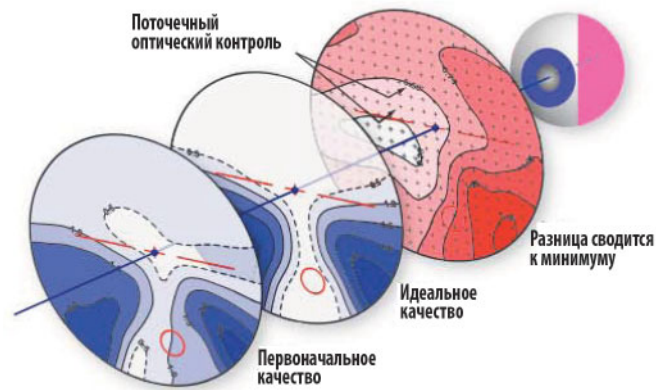


Рис. 20. Для наиболее совершенных индивидуализированных FreeForm линз применяются числовые методы оптимизации дизайна поверхности, чтобы свести к минимуму разницу между первоначальным качеством линзы в реальном положении ношения и идеальным качеством линзы. Для этого используется трассировка лучей для сотен точек поверхности.

шению их площади и искажению их формы. Пользователь получит линзы с оптическими зонами ухудшенного качества из-за присутствия оптических ошибок, а также у него будет нарушено бинокулярное зрение из-за возникновения разницы в силе и величине призмы для правой и левой линз.

К счастью появление технологии FreeForm освободило разработчиков оптических дизайнов от ограничений, присущих линзам массового производства, и предоставило оптическим лабораториям возможность предлагать очковые линзы, которые рассчитываются и изготавливаются в режиме реального времени после получения конкретного заказа на линзы. *Технология FreeForm* обработки поверхности является производственной платформой, которая *позволяет получать практически неограниченное разнообразие сложенных оптических поверхностей и изготавливать линзу именно того оптимального дизайна, который требуется в конкретном случае.*¹⁵ Кроме того для традиционных торических поверхностей технология FreeForm позволяет изго-

тавливать прогрессивные, асферические и другие сложные поверхности линз. В сочетании с достаточно сложным программным обеспечением для расчета оптических дизайнов, установленном на *сервере дизайнов линз*, технология FreeForm позволяет изготавливать однофокальные и прогрессивные линзы, дизайн которых непосредственно перед изготовлением был полностью индивидуализирован на основе данных рецепта и параметров, описывающих положение линз для конкретного пользователя (рис.19).^{16,17}

Для «тонкой подгонки» оптического дизайна индивидуализированной линзы часто применяются числовые методы оптимизации (используя трассировку оптических лучей) для сведения к минимуму разницы между первоначальным качеством линзы, полученным для параметров рецепта и конкретного положения ношения, и идеальным (теоретически достижимым для имеющихся параметров) качеством линзы (рис.20). По этой технологии один из производителей FreeForm линз сначала рассчитывает для конкретных параметров рефракции пер-

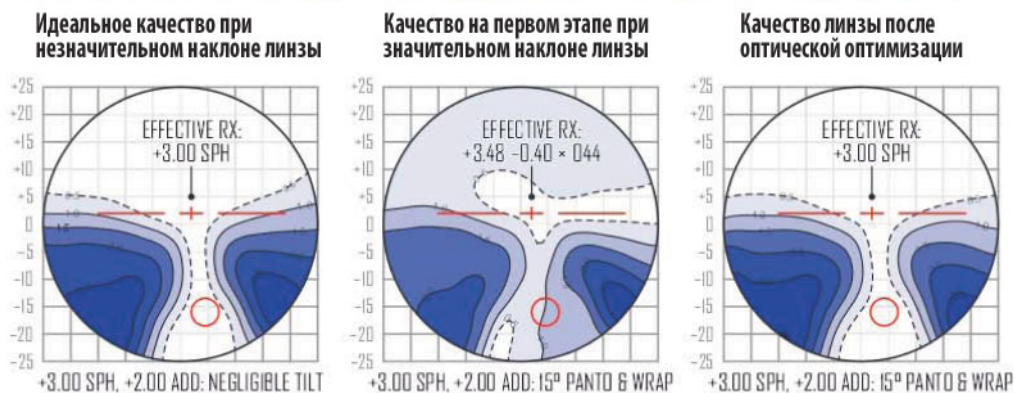


Рис. 21. Очковые FreeForm линзы компании Carl Zeiss Vision, индивидуализированные по положению ношения методом оптимизации

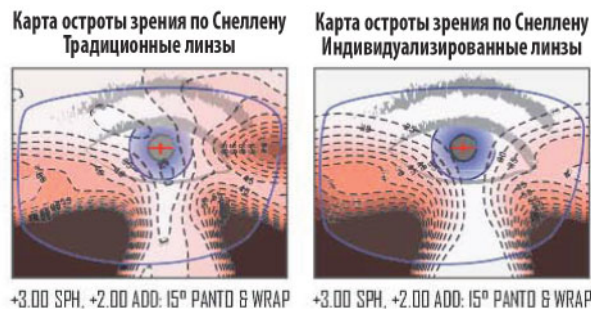


Рис. 22. FreeForm прогрессивные линзы компании Carl Zeiss Vision (справа), индивидуализированные по положению ношения, обеспечивают гораздо более высокое качество зрения по сравнению с традиционными прогрессивными линзами (слева)

воначальный дизайн поверхности. Затем для определения качества дизайна применяется метод трассировки лучей, используя комбинацию математической модели глаза и очковой линзы с конкретным пантоскопическим углом, углом изгиба и вертексным расстоянием. Затем полученное качество сравнивается с идеальным распределением оптических характеристик (оптической силы, аддидации и нежелательного астигматизма) для всей поверхности линзы.¹⁸

Далее кривизна поверхности в сотнях ее точек уточняется таким образом, чтобы минимизировать разницу между идеальным оптическим качеством и полученным на этом этапе для данного положения ношения. Поточечное уточнение строения поверхности линзы приводит к сложной асферизации всей ее поверхности. Обычно сглаженная поверхность отличается от желаемого идеального распределения, по крайней мере, для всех точек. Поэтому применяются числовые методы оптимизации для того, чтобы свести к минимуму расхождение между желаемым оптическим качеством линзы и полученным для сглаженной поверхности (рис.21).

Качество зрения в традиционных прогрессивных линз может заметно ухудшаться для тех пользователей, у которых параметры рецепта или положение ношения значительно отличаются от величин, используемых при расчете дизайна полуготовых заготовок. FreeForm линзы, которые индивидуализированы по положению ношения числовыми метода-

ми оптимизации, будут предоставлять качество зрения, которое обеспечивает этот дизайн в идеале, независимо от параметров рефракции положения ношения (рис.22). Поэтому в таких линзах все пользователи будут получать максимально возможное для этого дизайна оптическое качество. Однако следует заметить, что далеко не во всех FreeForm линзах применяется оптическая индивидуализация по положению ношения.²⁰

Оптические достоинства индивидуальных прогрессивных линз компании Carl Zeiss Vision были подтверждены исследователями Школы оптометрии при Калифорнийском университете в Беркли.²¹ Сравнивали оптическое качество и удовлетворенность пользователей этих линз и традиционных прогрессивных линз. В рандомизированном двойном слепом исследовании у 95 людей определяли объективными методами качество зрения, а также оценивали их субъективное мнение о линзах. При первичном подборе пользователи продемонстрировали в среднем более высокую остроту зрения (в условиях высокого контраста) в индивидуализированных линзах по сравнению с традиционными. Спустя неделю 65% пользователей продемонстрировали более широкое поле зрения вблизи с индивидуализированными линзами. В целом мультивариантный анализ показал четкое превосходство индивидуализированных линз над традиционными ($p < 0,001$).

Окончание статьи в следующем номере.